

6-16-2022

Dampak Kebijakan PSBB terhadap Konsentrasi PM2.5 di Indonesia

Erwin Dariyanto

Program Studi Magister Perencanaan Ekonomi dan Kebijakan Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Indonesia, erwin@detik.com

Follow this and additional works at: <https://scholarhub.ui.ac.id/jke>



Part of the [Economics Commons](#), [Public Affairs, Public Policy and Public Administration Commons](#), and the [Urban Studies and Planning Commons](#)

Recommended Citation

Dariyanto, Erwin (2022) "Dampak Kebijakan PSBB terhadap Konsentrasi PM2.5 di Indonesia," *Jurnal Kebijakan Ekonomi*: Vol. 17: Iss. 1, Article 11.

DOI: 10.21002/jke.2022.03

Available at: <https://scholarhub.ui.ac.id/jke/vol17/iss1/11>

This Article is brought to you for free and open access by the Faculty of Economics & Business at UI Scholars Hub. It has been accepted for inclusion in *Jurnal Kebijakan Ekonomi* by an authorized editor of UI Scholars Hub.

Dampak Kebijakan Psbb terhadap Konsentrasi Pm2.5 di Indonesia

Erwin Dariyanto*

*Program Studi Magister Perencanaan Ekonomi dan Kebijakan Pembangunan,
Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Indonesia*

Abstract

The purpose of this study was to examine the impact of implementing the Large-Scale Social Restrictions policy or PSBB on the concentration of particulate matter 2.5 (PM2.5). The observation period took place from 1 September 2019 to 31 December 2020 in Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Semarang and Surabaya. The data is processed using the fixed effect least square dummy variable (LSDV) model to test the impact of PSBB policies or restrictions on residents' mobility to reduce the spread of COVID-19 at PM2.5 concentrations. As a result, the PSBB policy had a significant impact on reducing PM2.5 to 1,210 g/m³. When testing the impact of PSBB per level, of the 4 PSBB levels, PSBB level 3 significantly reduces PM2.5 concentrations. While PSBB level 1, PSBB level 2 and PSBB level 4 had no significant impact. Further research can be carried out by looking at the variable number of vehicles, the firmness of the apparatus in implementing the PSBB.

Keyword: Air pollution, COVID-19, PM2.5, PSBB

Abstrak

Tujuan Penelitian ini untuk mengkaji dampak penerapan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar atau PSBB terhadap konsentrasi partikulat 2.5 (PM2.5). Periode pengamatan berlangsung dari 1 September 2019 hingga 31 Desember 2020 di Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Semarang, dan Surabaya. Data diolah menggunakan model fixed effect least square dummy variable (LSDV) untuk menguji dampak kebijakan PSBB untuk mengurangi penyebaran COVID-19 pada konsentrasi PM2.5. Akibatnya, kebijakan PSBB berdampak signifikan terhadap penurunan PM2.5 menjadi 1.210 g/m³. Saat menguji dampak PSBB per level, dari 4 level PSBB, PSBB level 3 secara signifikan menurunkan konsentrasi PM2.5. Sedangkan PSBB level 1, PSBB level 2 dan PSBB level 4 dampaknya tidak signifikan. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan melihat variabel jumlah kendaraan, ketegasan aparat dalam melaksanakan PSBB.

Kata kunci: Polusi udara, COVID-19, PM2.5, PSBB

PENDAHULUAN

Kebijakan *lockdown* atau pembatasan mobilitas warga yang diterapkan sejumlah negara untuk mengurangi penyebaran virus Corona 2019 atau COVID-19 berdampak positif bagi lingkungan. Banyak negara melaporkan terjadi pengurangan polusi udara setelah diterapkan kebijakan *lockdown*. Salah

satu indikator membaiknya kualitas udara selama pandemi COVID-19 itu terlihat dari menurunnya konsentrasi *particulate matter* 2.5 atau PM2.5 di beberapa negara yang menerapkan kebijakan *lockdown*.

Menurunnya konsentrasi PM2.5 di beberapa negara selama pandemi COVID-19 menjadi perhatian menarik bagi para peneliti, misalnya oleh Sarkar & Khan (2020), Wang et al. (2021),

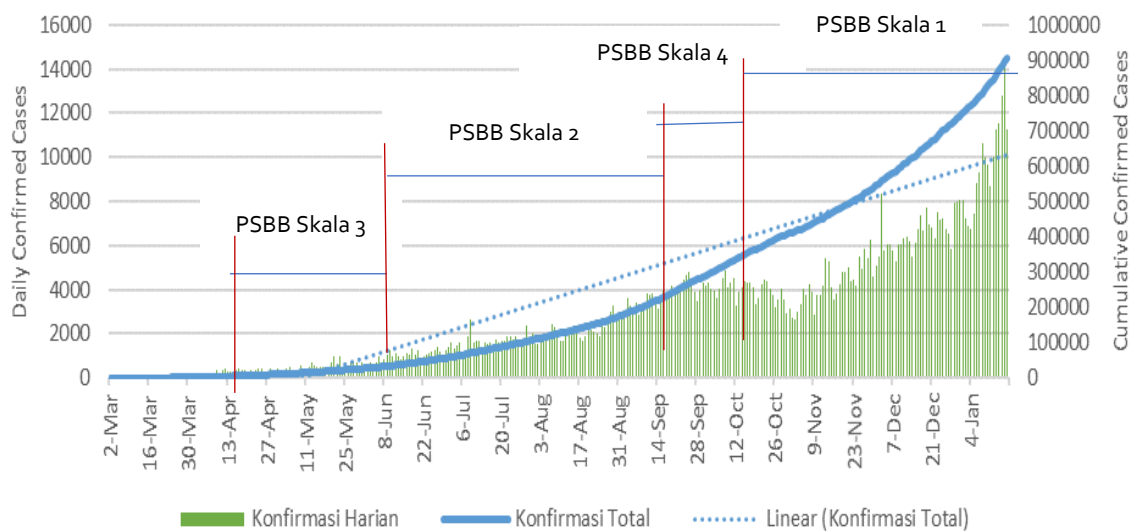
*alamat korespondensi : Jl. Kapten Tendean Kav 12-14, Jakarta. Email : erwin@detik.com

Bao & Zhang (2020), Bray et al. (2020), Ming et al. (2020), Nie et al. (2020). Mereka meneliti dampak kebijakan *lockdown* terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ di beberapa negara Eropa, Amerika dan Asia. Kesimpulannya penerapan *lockdown* berdampak pada menurunnya konsentrasi $PM_{2.5}$ di negara berkembang.

Sayangnya belum banyak peneliti yang meneliti dampak pembatasan mobilitas warga di masa pandemi COVID-19 terhadap penurunan konsentrasi $PM_{2.5}$ di kota-kota besar di Indonesia. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk meneliti kualitas udara di Jakarta selama pandemi COVID-19. Idiawati & Siregar (2020) meneliti

satunya dipengaruhi oleh berkurangnya aktivitas masyarakat saat ada kebijakan PSBB. Namun penelitian-penelitian terkait kualitas udara di Jakarta selama pandemi COVID-19 tersebut belum memasukkan variabel PSBB yang pada pelaksanaannya di Indonesia dibagi dalam beberapa skala.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak diberlakukannya kebijakan PSBB dalam beberapa skala terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ di lima kota besar di Indonesia yakni Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Semarang dan Surabaya. Periode penelitian dilakukan mulai dari 1 September 2019 sampai 31 Desember 2020. Hasil penelitian ini diharapkan bisa



Gambar 1.1. Pergerakan kasus COVID-19 di Indonesia selama 2020

Sumber data dan gambar: <http://p2p.kemkes.go.id/>, diolah

kualitas udara Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan dan menemukan bahwa di dua kota tersebut selama bulan Maret, April, Mei, dan Juni 2020, rata-rata konsentrasi $PM_{2.5}$ mengalami penurunan masing-masing sebesar 23,6%, 39,5%, 41,5%, dan 13,3% dibanding bulan yang sama di tahun 2016–2019. Sedangkan hasil penelitian Sibarani et al. (2020) menemukan bahwa penurunan konsentrasi $PM_{2.5}$ di Jakarta Pusat salah

menjadi masukkan kepada pemerintah pusat dan daerah ketika memutuskan sebuah kebijakan terkait pengendalian kualitas udara di sebuah kota.

Kebijakan PSBB pertama kali diberlakukan di Jakarta pada 10 April 2020. Kebijakan diberlakukan selama 14 hari dan setelah itu dievaluasi. Apabila tingkat penularan COVID-19 masih tinggi, kebijakan PSBB diperpanjang.

Sebaliknya, jika tingkat penularan terkendali, kebijakan PSBB bisa diturunkan levelnya. Selama 2020, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta tercatat empat kali mengeluarkan Peraturan Gubernur tentang Pelaksanaan PSBB dan PSBB Transisi, tiga kali mengeluarkan Kebijakan Gubernur tentang Perpanjangan Pemberlakuan Masa PSBB. Selama periode 10 April sampai 4 Juni 2020 serta 9 September sampai 11 Oktober 2020, di DKI Jakarta diberlakukan PSBB ketat.

Provinsi Jawa Barat adalah daerah kedua yang menerapkan PSBB setelah DKI Jakarta yakni pada 15 April sampai 26 Juni 2020. Berikutnya, Provinsi Jawa Timur memberlakukan PSBB ketat pada 28 April sampai 8 Juni 2020. Pemerintah Kota Semarang, Jawa Tengah, juga memberlakukan pembatasan mobilitas warga dengan nama Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PKM) non-Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Kebijakan ini diberlakukan mulai 27 April 2020. Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) juga memberlakukan pembatasan mobilitas warga non-PSBB.

Namun kebijakan PSBB belum berhasil menurunkan angka penularan COVID-19 di Indonesia. Terlihat dalam gambar 1.1, angka penularan COVID-19 harian di Indonesia selama 2020 masih naik turun meski diberlakukan kebijakan PSBB. Bahkan secara total, sejak Maret sampai Desember 2020 kasus COVID-19 menunjukkan trend naik meski diberlakukan kebijakan PSBB.

Sementara untuk tingkat konsentrasi PM2.5 terlihat dalam gambar 1.2 tidak banyak perbedaan antara sebelum dan saat terjadi

pandemi COVID-19 ketika diberlakukan kebijakan PSBB. Selama periode 1 September 2019 sampai 31 Desember 2020, konsentrasi PM2.5 di Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Semarang dan Surabaya tampak naik turun. Pada periode sebelum pandemi COVID-19, konsentrasi PM2.5 di Jakarta sempat mencapai titik tertinggi yakni 91,21 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$ pada 12 Oktober 2019, dan berada di titik terendah di 4 Februari 2020 dengan konsentrasi PM2.5 sebesar 5,29 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$. Sedangkan ketika terjadi pandemi COVID-19 dan diterapkan kebijakan PSBB mulai 10 April 2020, konsentrasi PM2.5 sempat berada di angka 74,31 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$ pada 6 November 2020.

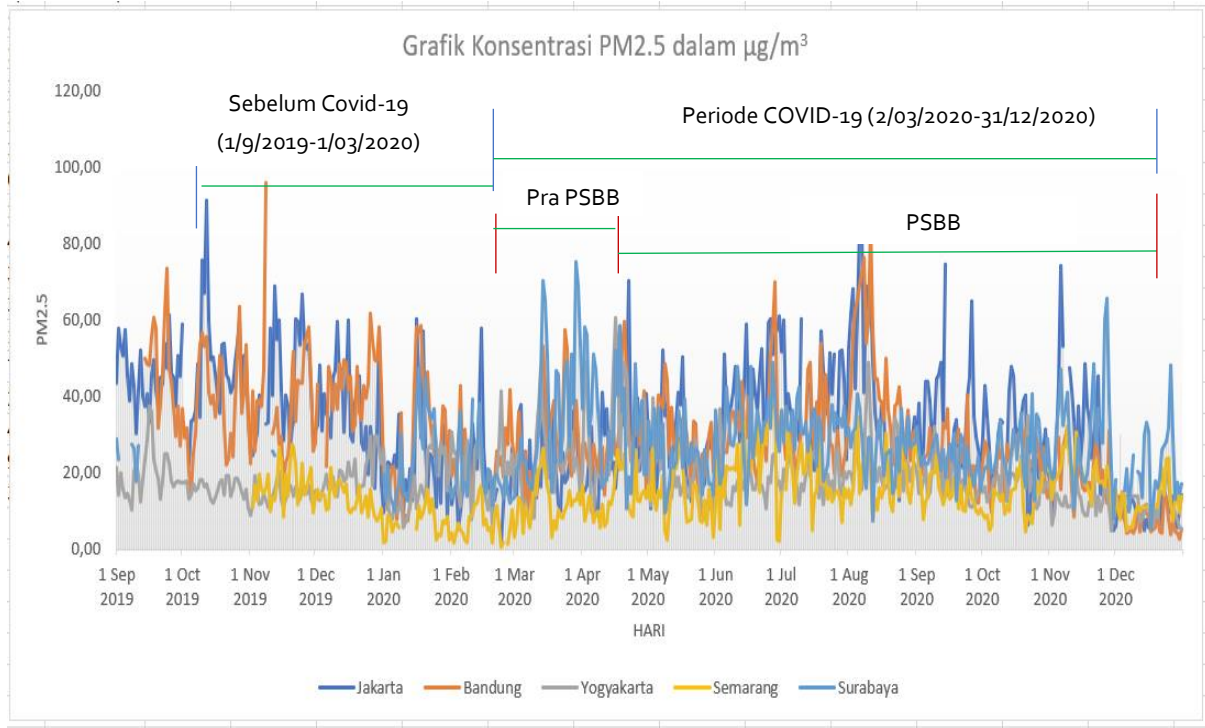
Dalam penelitian dilihat seberapa besar dampak kebijakan PSBB terhadap penurunan konsentrasi PM2.5 di Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Semarang dan Surabaya. Penelitian menggunakan data harian yang dikumpulkan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Kesehatan, serta website resmi pemerintah daerah. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi masukan kepada pemerintah pusat dan daerah ketika memutuskan sebuah kebijakan terkait pengendalian kualitas udara di sebuah kota.

TINJAUAN LITERATUR

Polusi udara adalah salah satu faktor yang berkontribusi terhadap penyebaran virus Corona atau COVID-19 serta meningkatkan risiko kematian akibat COVID-19. Penderita COVID-19 yang dalam kondisi komorbiditas atau memiliki penyakit bawaan seperti diabetes, kardiovaskular bisa semakin parah kondisinya jika terpapar polusi udara. Menurut

Prinz & Richter (2020), polutan khususnya PM_{2.5} bisa memicu virus SARS-2-CoV lebih mudah masuk ke dalam sistem pernapasan manusia dan meningkatkan tingkat

Penelitian menggunakan data polusi udara harian, data cuaca, dan kasus COVID-19 di 597 kota besar di seluruh dunia dengan periode pengamatan 1 Januari sampai 5 Juli 2020.



Gambar 1.2. Grafik konsentrasi PM_{2.5} 1 September 2019 – 31 Desember 2021
Sumber data: Kementerian LHK, diolah

keparahan penderita COVID-19.

Penelitian yang menguji pengaruh penerapan kebijakan pembatasan mobilitas masyarakat terhadap konsentrasi PM_{2.5} telah beberapa kali dilakukan dengan studi kasus beberapa negara di dunia. Wang *et al.* (2021) meneliti dampak kebijakan *lockdown* untuk pengendalian COVID-19 terhadap kesehatan dan perekonomian di 447 kota dari 46 negara di dunia. Data diolah dengan menggunakan *fixed effects model*. Hasilnya, di 20 negara yang diteliti, kebijakan *lockdown* berhasil mengurangi secara signifikan tingkat konsentrasi PM_{2.5}. Liu, Wang & Zheng (2020) melakukan penelitian untuk mengukur dampak kausal dari delapan jenis tindakan *lockdown* terhadap perubahan kualitas udara.

Hasilnya, saat diberlakukan *lockdown*, kualitas udara relatif membaik sehingga bisa menekan biaya kesehatan serta angka kematian dini sekitar 99.270 hingga 146.649 jiwa di 76 negara objek pengamatan.

Ming *et al.* (2020) juga meneliti dampak mobilitas warga ketika terjadi pandemi COVID-19 terhadap kualitas udara. Mereka memanfaatkan *big data* populasi migrasi dari Baidu yang kemudian diolah menggunakan regresi model *difference-in-differences* (DID). Hasilnya, selama pandemi COVID-19, konsentrasi PM_{2.5} mengalami penurunan sebesar 7 µg/m³.

Bray *et al.* (2021) dalam penelitiannya menemukan bahwa kebijakan *lockdown* berdampak pada menurunnya konsentrasi

polusi udara secara global. Namun pemberlakuan kebijakan ini mengakibatkan terjadinya perlambatan pertumbuhan perekonomian suatu wilayah. Penelitian mereka menggunakan pengamatan satelit dan pengukuran darat untuk menarik data polutan selama periode Maret sampai April 2020.

Penelitian oleh Sarkar & Khan (2020) juga menemukan bahwa selama pandemi COVID-19 ini, konsentrasi PM_{2.5} di beberapa negara mengalami penurunan. Sebab beberapa pusat aktivitas manusia, yang menjadi salah satu sumber konsentrasi PM_{2.5}, dihentikan operasinya. Sedangkan dari penelitian Guan *et al.* (2014), Wang *et al.* (2021) menyimpulkan bahwa tingkat konsentrasi PM_{2.5} di udara sangat berhubungan erat dengan mobilitas dan aktivitas manusia. Kebijakan pembatasan mobilitas warga untuk mencegah penyebaran COVID-19 telah menurunkan kadar konsentrasi PM_{2.5} di 20 negara berkembang.

Ada dua faktor penyebab terjadinya perbedaan dampak pembatasan mobilitas warga terhadap penurunan konsentrasi PM_{2.5} di negara berkembang dan negara maju. Pertama penggunaan teknologi di negara maju yang lebih modern dari pada negara berkembang. Kedua pengawasan dari aparat pemerintah saat kebijakan PSBB diberlakukan di masa pandemi COVID-19 (Barbier *et al.*, 2020; Barbier *et al.*, 2019; Jackson *et al.*, 2019). Dalam penelitian sebelumnya oleh Idiawati & Siregar (2020) yang meneliti kualitas udara Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan menemukan bahwa di dua kota tersebut selama bulan Maret, April, Mei, dan Juni 2020, rata-rata konsentrasi PM_{2.5} mengalami penurunan masing-masing sebesar 23,6%,

39,5%, 41,5%, dan 13,3%, dibanding bulan yang sama di tahun 2016–2019. Hasil penelitian Sibarani *et al.* (2020) menemukan bahwa penurunan konsentrasi PM_{2.5} di Jakarta Pusat salah satunya dipengaruhi oleh berkurangnya aktivitas masyarakat karena kebijakan PSBB.

Sibarani *et al.* (2020) meneliti konsentrasi PM_{2.5} di Jakarta Pusat selama periode PSBB yang salah satunya berlaku *work from home* pada Maret 2020. Dari data yang diambil diketahui bahwa jumlah konsentrasi PM_{2.5} pada Maret 2020 saat diterapkan kebijakan WFH karena diberlakukan PSBB tidak jauh berbeda dibandingkan dengan lima tahun sebelumnya. Data kemudian diolah menggunakan metode regresi berganda untuk melihat pengaruh parameter cuaca terhadap konsentrasi PM_{2.5} di wilayah Jakarta Pusat. Hasil regresi menunjukkan bahwa R-squared adj kecil. Sehingga disimpulkan, selain cuaca, ada faktor lain yang signifikan mempengaruhi konsentrasi PM_{2.5}. Sibarani *et al.* (2020) menduga faktor lain yang turut mempengaruhi penurunan konsentrasi PM_{2.5} adalah berkurangnya aktivitas masyarakat pergi ke kantor.

DATA

Periode pengamatan dalam penelitian ini berlangsung dari 1 September 2019 sampai 31 Desember 2020 menggunakan data yang dikumpulkan dari sejumlah sumber. Pertama untuk data konsentrasi PM_{2.5} di dapatkan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang menempatkan stasiun pengamatan di lima kota yang menjadi obyek dalam penelitian ini. Kedua data tentang periode pemberlakuan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) dihimpun dari website

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Barat, dan Jawa Timur. Ketiga data terkait cuaca diperoleh dari website Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika.

Descriptive statistic variable dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel 3.1. Pada panel pertama terlihat $PM_{2.5}$ sebagai variabel dependen (Y) dengan jumlah observasi sebanyak 2.215 dan konsentrasi rata-rata untuk 5 kota adalah sebesar $24,665 \mu g/m^3$. Angka ini melebihi ambang baku mutu $PM_{2.5}$ di Indonesia untuk waktu pengukuran 1 tahun, yakni $15 \mu g/m^3$.

Tabel 3.1. Statistik Deskriptif

Variabel	Obs	Mean	Std. Dev	Min	Max
$PM_{2.5}$	2.215	24,665	13,6585	0,425	96
PSBB	2.440	0,876	1,042	0	4
COVID	2.440	0,625	0,484	0	1
Curhujan	1.993	7,071	17,235	0	277,5
humidity	2.348	33,883	7,724	1	52
MinTemp	2.322	66,583	23,844	1	104
MaxTemp	2.341	52,848	19,607	1	109

Sumber data: KLHK, BMKG, diolah

Variabel PSBB yang digunakan sebagai variabel independen (X) berdasarkan Tabel 3.1 memiliki nilai minimum 1 dan maksimum 4. Seperti dijelaskan di atas bahwa variabel PSBB dalam penelitian ini, merujuk pada penelitian sebelumnya oleh Liu, Wang & Zeng (2020), Wang *et al.* (2020) dibedakan menjadi empat skala dengan skor masing-masing 1 sampai 4.

Periode pandemi COVID-19 dalam penelitian ini digunakan sebagai variabel dummy dengan kode COVID bernilai 0 untuk periode 1 September 2019 sampai 1 Maret 2020 dan bernilai 1 untuk periode 2 Maret sampai 31 Desember 2020. Faktor cuaca,

yakni curah hujan, temperatur minimum, temperatur maksimum, dan kelembapan udara, merujuk pada penelitian sebelumnya oleh Liu, Wang & M. Zeng (2020), digunakan sebagai variabel kontrol.

METODE

Tujuan penelitian adalah untuk menguji dampak pemberlakuan Pembatasan Sosial Berskala Besar terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$. Merujuk pada penelitian sebelumnya oleh Liu *et al.* (2020), Ming *et al.* (2020), serta Wang *et al.* (2021) untuk menguji dampak pemberlakuan kebijakan PSBB terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ bisa dilakukan dengan

menggunakan *fixed effects model*.

Penggunaan *fixed effects model* memungkinkan peneliti secara akurat menguji dampak sebuah kebijakan, dalam hal ini PSBB. Sebab, dalam *fixed effects*, heterogenitas spesifik dari kota, konsentrasi polutan tahunan sebelumnya, dan faktor iklim telah dikendalikan (Wang *et al.*, 2021). Dalam penelitian ini, konsentrasi $PM_{2.5}$ digunakan sebagai variabel dependen (Y). Sebagai variabel independen (X), digunakan PSBB, temperatur maksimum harian, temperatur minimum harian, curah hujan harian, dan kelembapan udara harian. Sementara itu,

untuk variabel dummy, peneliti menggunakan pandemi COVID-19 dengan 0 adalah periode waktu sebelum ada

COVID-19, dan 1 untuk periode saat ada pandemi COVID-19.

Selanjutnya, merujuk pada penelitian Zeng (2020), untuk mengetahui pengaruh kebijakan PSBB terhadap kualitas udara di kota yang menjadi objek penelitian, variabel PSBB diinteraksikan dengan idKota. Hal ini juga untuk menghindari adanya faktor perancu yang menyebabkan penurunan tingkat polusi udara sebuah kota karena adanya kebijakan dari pemerintah terkait pengendalian kualitas lingkungan, termasuk penerapan kebijakan pembatasan mobilitas warga. Sehingga kemudian model regresi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 PSBB_{it} + \beta_2 MaxTemp_{it} + \beta_3 MinTemp_{it} + \beta_4 humidity_{it} + \beta_5 COVID_{it} + \beta_6 Curhujan_{it} + \gamma_i + \lambda t + u_{it}$$

Di mana Y adalah konsentrasi $PM_{2.5}$ dalam satuan $\mu g/m^3$, PSBB adalah kebijakan pembatasan mobilitas warga selama pandemi COVID-19, MaxTemp adalah temperatur maksimum, MinTemp temperatur minimum, *humidity* adalah kelembapan, COVID adalah variabel *dummy*, yaitu 0 untuk waktu sebelum COVID, dan 1 waktu setelah terjadinya COVID, γ merupakan *fixed effect* berdasarkan kota, λ adalah *time effect*, dan U adalah error term untuk setiap kota i dan hari t .

Sebagai variabel kontrol, penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Liu, Wang & Zeng (2020) menggunakan curah hujan, temperatur minimum, temperatur maksimum, dan

kelembapan udara. Faktor cuaca dan aktivitas manusia merupakan dua hal yang turut mempengaruhi jumlah konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara (Guan *et al.*, 2014; Iny Jhun *et al.*, 2016). Namun komponen penyusun $PM_{2.5}$ beragam, sehingga dampak faktor cuaca terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara pun bervariasi. Kenaikan temperatur harian bisa meningkatkan oksidasi dan produksi partikel sulfat, namun mengurangi partikel nitrat melalui penguapan. (Dawson *et al.*, 2007; Seinfeld & Pandis, 2006).

Li, Feng, & Liang (2017) meneliti dampak faktor meteorologi terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ di Hong Kong. Termasuk dalam faktor meteorologi tersebut adalah temperatur, hujan, kelembapan, dan kecepatan angin. Hasilnya, konsentrasi $PM_{2.5}$ berhubungan positif dengan tekanan udara, namun memiliki hubungan negatif dengan temperatur, curah hujan, kelembapan dan kecepatan angin. Arah angin juga diketahui mempengaruhi penyebaran konsentrasi $PM_{2.5}$. Pada musim dingin, angin utara meningkatkan konsentrasi $PM_{2.5}$ di Hong Kong, sementara angin selatan pada musim panas menurunkan $PM_{2.5}$. Penelitian Requia *et al.* (2019) juga menemukan bahwa konsentrasi $PM_{2.5}$ di Amerika Serikat sangat berhubungan kuat dengan faktor cuaca, yakni temperatur, kelembapan, dan kondisi angin.

Merujuk pada penelitian di atas dan penelitian Liu, Wang, & Zeng (2017), penelitian ini menggunakan curah hujan, temperatur minimum, temperatur maksimum, dan kelembapan udara sebagai variabel kontrol. Sumber data untuk variabel kontrol ini diambil dari *website* Badan

Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).

Variabel PSBB dalam penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya oleh Liu, Wang & Zeng (2020), Wang *et al.* (2020) dibuat menjadi empat kategori dengan skor masing-masing 1 sampai 4. Skala 1 saat diberlakukan pembatasan namun dengan sejumlah relaksasi atau pelonggaran. Misalnya pusat perbelanjaan dan pertokoan sudah boleh

menerapkan kerja dari kantor dengan maksimal 50 persen karyawan.

Skala 3 untuk pembatasan dengan relaksasi tertentu, yakni pusat perbelanjaan, dan pertokoan hanya boleh buka sampai pukul 19.00 WIB, pembelajaran sepenuhnya dilakukan secara *online*, hanya kantor-kantor tertentu yang diizinkan karyawannya bekerja dari kantor dengan daya tampung ruangan maksimal 50 persen dari seharusnya.

Tabel 5.1. Dampak PSBB terhadap konsentrasi PM_{2.5}

	PM _{2.5}
PSBB (1 = PSBB 0 = tidak PSBB)	-1,210** (-3.10)
COVID	-0,188 (- 0.24)
MinTemp	-0,009 (-0.33)
MaxTemp	0,161*** (5,92)
Curhujan	-0,155*** (-6.80)
Humidity	0,082 (1,38)
_Cons	15,70*** (4,96)
N	1737
r ²	0.0731
r ² _a	0.0677

Robust Standard Error merupakan nilai di dalam kurung
Level signifikansi *p < 0.1; **P < 0.05; ***P < 0.01

dibuka sampai pukul 21.00 WIB. *Check point* pun sudah ditiadakan dan sejumlah ruas jalan tidak lagi diberlakukan sistem buka-tutup. Sekolah sudah melakukan pembelajaran tatap muka 100 persen.

Skala 2 untuk pembatasan dengan relaksasi terbatas. Misalnya pusat perbelanjaan, pertokoan, dan rumah makan diperbolehkan buka dengan ditentukan kapasitas maksimum 50 persen, pembelajaran tatap muka terbatas dengan kapasitas maksimal 50 persen, perkantoran sudah diizinkan untuk

Skala 4 untuk pembatasan paling ketat. Ketentuan dalam kategori ini adalah: pusat perbelanjaan dan pertokoan tidak diperbolehkan beroperasi kecuali yang terkait dengan keperluan medis. Pembelajaran dilakukan sepenuhnya secara *online*, rumah makan dan sejenisnya tidak diizinkan melayani makan di tempat.

HASIL

Penelitian ini bertujuan untuk melihat dampak pemberlakuan Pembatasan Sosial Berskala

Besar (PSBB) terhadap konsentrasi particulate matter 2.5 atau PM_{2.5} di lima kota besar di Indonesia, yakni Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Semarang, dan Surabaya. Periode pengamatan berlangsung dari 1 September 2019 sampai 31 Desember 2020. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *fixed effects model* dengan *dummy variable*, yang merujuk pada penelitian sebelumnya oleh Liu *et al.* (2020), Ming *et al.* (2020), dan Yichen Wang *et al.* (2021).

Dalam metode *fixed effect model*, intersep masing-masing individu diasumsikan berbeda, sedangkan *slope* antar-individu sama. Karena itu, untuk mengatasi perbedaan intersep antar-individu tersebut, diperlukan variabel *dummy*. Hasil regresi *fixed effects model* dengan variabel *dummy* ditampilkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa penerapan PSBB berdampak signifikan terhadap penurunan konsentrasi PM_{2.5} di Jakarta, Bandung, Kota Yogyakarta, Kota Semarang dan Kota Surabaya. Saat diberlakukan kebijakan PSBB terjadi penurunan konsentrasi PM_{2.5} hingga 1,210 µg/m³. Apabila dilihat rata-rata harian konsentrasi PM_{2.5} yang sebesar 24,655 µg/m³, penurunan PM_{2.5} akibat kebijakan PSBB sebesar 1,210 µg/m³ belum bisa membawa konsentrasi PM_{2.5} di Indonesia berada di bawah batas baku mutu untuk waktu pengukuran 1 tahun, yakni 15 µg/m³.

Namun temuan adanya penurunan konsentrasi PM_{2.5} akibat kebijakan PSBB atau pembatasan mobilitas warga ini sesuai dengan temuan dalam penelitian sebelumnya. Misalnya penelitian oleh Wang *et al.* (2021); Bao & Zhang. (2020); Bray *et al.* (2020); Ming

et al. (2020); Nie *et al.* (2020); Liu, Wang & Zheng (2020). Ringkasan hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi PM_{2.5} akibat kebijakan *lockdown* atau pembatasan mobilitas warga di negara berkembang.

Analisis lainnya disampaikan dalam penelitian Peters *et al.* (2020) yang menyebutkan bahwa emisi polutan untuk tingkat lokal, di kota-kota di negara berkembang lebih tinggi dari pada di negara maju. Sehingga konsentrasi black carbon (BC) sebagai komponen utama yang mempengaruhi konsentrasi PM_{2.5} di negara berkembang 3 sampai 5 kali lebih tinggi dari kota-kota di negara maju. Sementara di negara maju variabel yang mempengaruhi tingkat konsentrasi PM_{2.5} adalah sulfat, nitrat, ammonium, dan aerosol.

Dalam penelitian ini dari hasil regresi didapat bahwa nilai R squared untuk dampak PSBB terhadap tingkat konsentrasi PM_{2.5} dengan variabel kontrol faktor cuaca dan *dummy* variabel periode pandemi COVID-19 hanya sebesar 0,0731 atau 7,31 persen. Artinya masih ada 92,69 persen variabel selain PSBB atau pembatasan mobilitas warga dan faktor cuaca yang tidak masuk dalam penelitian ini namun sangat mempengaruhi konsentrasi PM_{2.5} di udara.

Robustness check dampak PSBB per Level terhadap Konsentrasi PM_{2.5}

Pengujian berikutnya adalah dengan melakukan *robustness check* atau uji ketahanan dan pengolahan data menggunakan model yang sama dengan dataset kebijakan PSBB level 1 sampai level 4

untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tingkat konsentrasi PM_{2.5}. *Robustness check* dampak PSBB terhadap konsentrasi PM_{2.5} masing-masing level ditampilkan dalam Tabel 5.2.

Table 5.2 menunjukkan bahwa hasil regresi konsisten yakni PSBB berdampak pada menurunnya konsentrasi PM_{2.5}. Setiap

µg/m³, PSBB level 3 signifikan menurunkan konsentrasi PM_{2.5} hingga 6,739 µg/m³, dan PSBB level 4 bisa menurunkan konsentrasi PM_{2.5} sebesar 2,298 µg/m³.

Perbedaan dampak kebijakan PSBB terletak pada tingkat signifikansinya. Dari 4 level PSBB, PSBB level 3 yang signifikan menurunkan konsentrasi PM_{2.5}. Sementara

Tabel 5.2. Dampak PSBB score terhadap konsentrasi PM_{2.5}

Variabel	PM _{2.5} PSBB 1 (µg/m ³)	PM _{2.5} PSBB 2 (µg/m ³)	PM _{2.5} PSBB 3 (µg/m ³)	PM _{2.5} PSBB 4 (µg/m ³)
PSBB 1 (1= PSBB level 1 0 = tidak ada PSBB)	-1.031 (-1.05)			
PSBB 2 (1= PSBB level 2 0 = tidak ada PSBB)		-2.273 (-1.76)		
PSBB 3 (1= PSBB level 3 0 = tidak ada PSBB)			-6.739*** (-4.94)	-
PSBB 4 (1= PSBB level 4 0 = tidak ada PSBB)				-2.298 (-0.58)
COVID	-0.0233 (-0,03)	0,424 (0,42)	0,0810 (0,08)	0,309 (0,31)
MinTemp	0.000430 (0,01)	0.00873 (0,22)	0,00962 (0,25)	0,0425 (1,01)
MaxTemp	0,133*** (4,57)	0,253*** (6,49)	0,158*** (4,09)	0,172*** (4,07) (1,39)
Curhujan	-0,104*** (-6,02)	-0,0988*** (-4,93)	-0,102*** (-5,16)	-0,0922*** (-4,50)
Humidity	-0,0019 (-0,03)	0,125 (1,50)	0,0625 (0,81)	0,0437 (0,05)
_cons	18,08*** (5,09)	8,951* (1,97)	17,95*** (4,35)	15,35** (3,21)
N	1383	1021	1005	851
r2	0,0726	0,974	0,0961	0,0849
r2_a	0,0659	0,0885	0,0870	0,0740

Robust Standard Error merupakan nilai di dalam kurung
Level signifikansi *p< 0.1; **P<0.05; ***P<0.01

diberlakukan kebijakan PSBB level 1 akan menurunkan konsentrasi PM_{2.5} sebesar 1,031 µg/m³, kebijakan PSBB level 2 dapat menurunkan konsentrasi PM_{2.5} hingga 2,273

PSBB level 1, PSBB level 2 dan PSBB level 4 bisa berdampak pada menurunnya konsentrasi PM_{2.5}, namun tidak signifikan.

Menurut Sibarani *et al.* (2020), tingkat konsentrasi PM_{2.5} sangat dipengaruhi oleh aktivitas dan mobilitas masyarakat. Apabila dilihat dari periode pelaksanaan PSBB di Indonesia, DKI Jakarta adalah wilayah pertama yang menerapkan PSBB mulai 10 April 2020 atau satu bulan setelah pandemi COVID-19. Mulai 10 April 2020 hingga 4 Juni 2020, diberlakukan PSBB level 3 di Jakarta. Ketentuan dalam PSBB level 3 adalah pusat perbelanjaan, dan pertokoan hanya boleh buka sampai pukul 19.00 WIB, pembelajaran sepenuhnya dilakukan secara online, hanya kantor-kantor tertentu yang diizinkan karyawannya bekerja dari kantor dengan daya tampung ruangan maksimal 50 persen dari seharusnya.

Pelaksanaan PSBB level 3 sangat signifikan mengurangi konsentrasi PM_{2.5} karena diterapkan mulai 10 April 2020 atau 1 bulan setelah pandemi COVID-19 masuk ke Indonesia pada 2 Maret 2020. Di awal-awal pandemi COVID-19 itu, masyarakat masih taat dengan himbauan pemerintah untuk melaksanakan ketentuan dalam PSBB level 3. Jumlah kendaraan yang melintas di jalan berkurang drastis karena ada anjuran *work from home* atau bekerja dari rumah, sekolah dari rumah, pertokoan dan pusat perbelanjaan beroperasi secara terbatas. Kondisi ini berpengaruh signifikan terhadap menurunnya konsentrasi PM_{2.5}. Sebab seperti disebutkan dalam website Kementerian Kesehatan Amerika Serikat, sumber *particulate matter* 2.5 di luar ruangan berasal dari knalpot kendaraan bermotor seperti mobil, truk, bus dan kendaraan lain. Sehingga ketika pembatasan mobilitas warga di luar ruangan

akan berdampak signifikan terhadap penurunan konsentrasi PM_{2.5}.

PSBB level 1 yang dilaksanakan pada 13 Oktober sampai 31 Desember 2020 tidak berdampak signifikan meski bisa mengurangi konsentrasi PM_{2.5}. Ketentuan dalam PSBB level 1 ini antara lain pusat perbelanjaan dan pertokoan sudah boleh dibuka sampai pukul 21.00 WIB. Check point pun sudah ditiadakan dan sejumlah ruas jalan tidak lagi diberlakukan sistem buka-tutup. Sekolah sudah melakukan pembelajaran tatap muka 100 persen, perkantoran diizinkan masuk karyawannya 75 persen dari kapasitas ruangan. Dengan ketentuan ini, masyarakat yang melakukan aktivitas di luar rumah makin banyak, termasuk kendaraan yang melintas di jalan raya. Pada periode ini juga berdekatan dengan dua libur nasional yakni libur hari raya Natal dan Tahun Baru. Sehingga selain masyarakat yang menggunakan kendaraan bermotor ke kantor, ada juga warga yang ingin belanja untuk persiapan Natal dan Tahun Baru. Akibatnya akan mempengaruhi tingkat konsentrasi PM_{2.5}, yang tidak menurun meski di masa pandemi COVID-19.

PSBB level 2 tidak berdampak signifikan terhadap penurunan konsentrasi PM_{2.5}. PSBB level 2 dilaksanakan pada 5 Juni 2020 sampai 13 September dengan ketentuan pusat perbelanjaan, pertokoan, dan rumah makan diperbolehkan buka dengan ditentukan kapasitas maksimum 50 persen, pembelajaran tatap muka terbatas dengan kapasitas maksimal 50 persen, perkantoran sudah diizinkan untuk menerapkan kerja dari kantor dengan maksimal 50 persen karyawan. Dalam periode ini berdekatan dengan libur lebaran 2020, libur anak sekolah dan libur 1 Muharram

atau tahun baru umat Islam. Kondisi ini mengakibatkan jumlah masyarakat yang beraktivitas di luar rumah lebih banyak dari pada periode ketika diterapkan PSBB level 3. Sehingga meski diterapkan pembatasan mobilitas warga, dampak PSBB level 2 terhadap penurunan konsentrasi PM_{2.5} tidak signifikan.

Sedangkan PSBB level 4 diterapkan pada 14 September 2020 sampai 12 Oktober 2020. Ketentuan dalam PSBB level 4 ini adalah pusat perbelanjaan dan pertokoan tidak diperbolehkan beroperasi kecuali yang terkait dengan keperluan medis, pembelajaran dilakukan sepenuhnya secara online, rumah makan dan sejenisnya tidak diizinkan melayani makan di tempat. PSBB level 4 ini merupakan pembatasan mobilitas warga yang paling ketat. Namun karena diberlakukan 6 bulan setelah diberlakukannya PSBB level 3 dan PSBB level 2, pelaksanaan PSBB level 4 mulai kendor. Banyak masyarakat melakukan aktivitas di luar rumah, perkantoran, pasar-pasar tradisional, pedagang-pedagang kaki lima mulai beroperasi. Sehingga keadaan ini menyebabkan penurunan tingkat konsentrasi PM_{2.5} di masa pandemi COVID-19 menjadi tidak signifikan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Tujuan penelitian ini adalah menguji dampak kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar terhadap konsentrasi PM_{2.5} di Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Semarang, dan Surabaya. Hasilnya kebijakan PSBB berdampak sangat signifikan terhadap penurunan PM_{2.5} hingga sebesar 1,210 µg/m³. Hasil yang sama ketika dilakukan pengujian dampak PSBB per level yang juga

berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi PM_{2.5} meskipun dengan tingkat signifikansi yang berbeda. Dari 4 level PSBB, PSBB level 3 yang signifikan menurunkan konsentrasi PM_{2.5}. Sementara PSBB level 1, PSBB level 2 dan PSBB level 4 bisa berdampak pada menurunnya konsentrasi PM_{2.5}, namun tidak signifikan. Sehingga dari keempat level PSBB, kebijakan PSBB level 3 yang paling efektif dalam menurunkan tingkat polusi karena berdampak signifikan pada menurunnya konsentrasi PM_{2.5}.

Merujuk pada penelitian sebelumnya oleh Barbier *et al.* (2020); Barbier *et al.* (2019); dan Jackson *et al.* (2019) bahwa ada dua yang mempengaruhi dampak kebijakan *lockdown* atau pembatasan mobilitas warga terhadap polusi udara yakni pemanfaat teknologi dan pengawasan. Sehingga perlu dilakukan penelitian lagi dengan melihat variabel penggunaan teknologi dan pengawasan saat kebijakan PSBB diterapkan.

Selain dua faktor tersebut, perlu penelitian dengan melihat sumber utama penyumbang konsentrasi particulate matter di masing-masing kota. Menurut Nora Idiawati & Sepridawati Siregar (2020), sumber utama penyumbang konsentrasi particulate matter berasal dari jumlah kendaraan bermotor yang melintas di jalan, penggunaan energi listrik dari pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batu bara, dan konsumsi bensin serta solar.

DAFTAR PUSTAKA

Athanasios Valavanidis, Konstantinos Fiotakis, and Thomais Vlachogianni (2008). Airborne Particulate Matter and Human Health: Toxicological Assessment and Importance of Size and

- Composition of Particles for Oxidative Damage and Carcinogenic Mechanisms. DOI:10.1080/10590500802494538
- Badi H. Baltagi, (2015). *Econometric Analysis of Panel Data*. Third edition.
- Banu Wicaksono, Ana Uluwiyah (2020). Lesson Learned From Pandemic COVID-19 In Some Macroeconomics Performances Perspectives.
- Barbier, E.B., (2020). Is green rural transformation possible in developing countries? *World Dev.* 131, 104955. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104955>.
- Barbier, E.B., Burgess, J.C., (2019). Sustainable development goal indicators: analyzing trade-offs and complementarities. *World Dev.* 122, 295–305.
- Bin Zhao, Haotian Zheng, Shuxiao Wang, Kirk R. Smith, Xi Lu, Kristin Aunan, Yu Gu, (2015). Change in household fuels dominates the decrease in PM2.5 exposure and premature mortality in China in 2005–2015, (2015). <https://doi.org/10.1073/pnas.1812955115>
- Bong Mann Kim, Jeong Su Park, Sang-Woo Kim, H.J. Kim (2015). Source apportionment of PM10 mass and particulate carbon in the Kathmandu Valley, Nepal. DOI:10.1016/j.atmosenv.2015.10.082
- Casey D. Bray , Alberth Nahas, William H. Battye, Viney P. Aneja (2020). Impact of lockdown during the COVID-19 outbreak on multi-scale air quality
- Claudia L. Persico and Kathryn R. Johnson (2021) The effects of increased pollution on COVID-19 cases and deaths. doi: 10.1016/j.jeem.2021.102431
- Daniel Hoehle (2007). Robust Standard Errors for Panel Regressions with Cross-Sectional Dependence. *Journal Stata*.
- Daniele Contini and Francesca Costabile, (2020). Does Air Pollution Influence COVID-19 Outbreaks? <https://doi.org/10.3390/atmos11040377>
- Dongyang Nie et al (2020). Changes of air quality and its associated health and economic burden in 31 provincial capital cities in China during COVID-19 pandemic. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105328>
- Feng Liu, Meichang Wang, Meina Zheng (2020). Effects of COVID-19 lockdown on global air quality and health. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142533>
- Ferdian Fadly (2020). The Effects of Human Mobility Restriction During Covid-19 Pandemic on Indonesia's Economy. *Kajian Ekonomi Keuangan Volume 4 Nomor 3* (2020) <http://dx.doi.org/10.31685/kek.V4.3.678>
- Gautam S (2020). The influence of COVID – 19 on air quality in India: a boon or inutile. *Bull Environ Conta Toxicol.* 10.1007/s00128-020-02877-y
- Hanien Firmansyah, Azmi Nur Fadlillah, Aditya Sukma Pawitra (2020). Articulate Matter as Driven Factor Covid19 Transmission at Outdoor: Review. <http://dx.doi.org/10.20473/jkl.v12i3.2020.225-234>
- He Li, Xiao-Long Xu, Da-Wei Dai, Zhen-Yu Huang, Zhuang Ma, Yan-Jun Guan (2020). Air pollution and temperature are associated with increased COVID-19 incidence: A time series study. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.05.076
- Jonathan O. Anderson, Josef G. Thundiyil & Andrew Stolbach (2011). Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. <https://doi.org/10.1007/s13181-011-0203-1>
- Landguth E., Holden Z., Graham J., Stark B., Mokhtari E., Kaleczyc E (2020). The delayed effect of wildfire season particulate matter on subsequent influenza season in a mountain west region of the USA. *Environ Int.* 2020;139:105668
- Lee BJ, Kim B, Lee K, (2014). Air pollution exposure and cardiovascular disease. DOI: 10.5487/tr.2014.30.2.071
- Leonardo Setti, Fabrizio Passarini, Gianluigi De Gennaro, Pierluigi Barbieri, Maria Grazia Perrone, Andrea Piazzalunga,

- Massimo Borelli, Jolanda Palmisani, Alessia Di Gilio, Prisco Piscitelli, Alessandro Miani, (2020). The Potential role of Particulate Matter in the Spreading of COVID-19 in Northern Italy: First Evidence-based Research Hypotheses. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.11.20061713>
- Maria A.ZoranRoxana S.SavastruDan M.SavastruMarina N.Tautan, (2020). Assessing the relationship between surface levels of PM_{2.5} and PM₁₀ particulate matter impact on COVID-19 in Milan, Italy. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139825>
- Nathaniel Beck and Jonathan N. KatzReviewed (1995). What to do (and not to do) with Time-Series Cross-Section Data
- Peters, G.P., Andrew, R.M., Canadell, J.G., Friedlingstein, P., Jackson, R.B., Korsbakken, J.I., et al. (2020). Carbon dioxide emissions continue to grow amidst slowly emerging climate policies. *Nat. Clim. Change* 10, 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105328>.
- Piazzalunga-Expert A. (2020). Evaluation of the Potential Relationship between Particulate Matter (PM) Pollution and COVID-19 Infection Spread in Italy. https://www.ptpz.pl/wp-content/uploads/2020/04/COVID_19_position-paper_ENG1.pdf
- Ran Xu, PhD, Hazhir Rahmandad, PhD, Marichi Gupta, Catherine DiGennaro, Navid Ghaffarzagdegan, PhD, Heresh Amini, PhD, Mohammad S. Jalali, PhD, (2021). The Modest Impact of Weather and Air Pollution on COVID-19 Transmission. DOI:10.2139/ssrn.3593879
- Rini Mariana Sibarani, Halda Aditya Belgaman₁, Ibnu Athoillah₁, Samba Wirahma₁,(2020). Analisis Hubungan Parameter Cuaca Terhadap Konsentrasi Polutan (PM_{2.5} dan CO) di Wilayah Jakarta Selama Periode Work From Home (WFH) Maret 2020. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, vol.22 No.2, 2021: 85-94
- Rui Bao, Acheng Zhang (2020). Does lockdown reduce air pollution? Evidence from 44 cities in northern China. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139052>
- Suranjana Banerji & Deblina Mitra (2021). Assessment of air quality in Kolkata before and after COVID-19 Lockdown. DOI:10.1080/10106049.2021.1936209
- Timothy J. Vogelsang, (2012). Heteroskedasticity, autocorrelation, and spatial correlation robust inference in linear panel models with fixed-effects. doi:10.1016/j.jeconom.2011.10.001
- Wen Ming, Zhengqing Zhou , Hongshan Ai , Huimin Bi & Yuan Zhong (2020). COVID-19 and Air Quality: Evidence from China, *Emerging Markets Finance and Trade*, 56:10,2422-2442, DOI: 10.1080/1540496X.2020.1790353
- Yan Cui, Zuo-Feng Zhang, John Froines, Jinkou Zhao, Hua Wang, Shun-Zhang Yu & Roger Detels (2003). Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China: an ecologic study. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-2-15>
- Yang Xie, Hancheng Dai, Yanxu Zhang, Yazhen Wu, Tatsuya Hanaoka, Toshihiko Masui (2019). Comparison of health and economic impacts of PM_{2.5} and ozone pollution in China. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.075>
- Yichen Wang et al (2021). Differential health and economic impacts from the COVID-19 lockdown between the developed and developing countries: Perspective on air pollution. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118544>